

EFEKTIVITAS BIJI PEPAYA (*CARICA PAPAYA L.*) SEBAGAI BIOKOAGULAN UNTUK MENURUNKAN COD, BOD, NITRIT PADA AIR SUNGAI

Vita Kumalasari¹, Era Widestri²

Prodi Kesehatan Masyarakat, STIKES Surya Global Yogyakarta^{1,2}

e-mail: vitastikessurga@gmail.com

Diterima: 12/02/2026; Direvisi: 16/02/2026; Diterbitkan: 20/02/2026

ABSTRAK

Sungai Manunggal yang melintasi Kecamatan Gondokusuman, Pakualaman, dan Umbulharjo Kota Yogyakarta ini, berdasarkan pemantauan kualitas air di titik Jembatan Mangkukusuman yang dilakukan Dinas Lingkungan Hidup Kota Yogyakarta, menunjukkan konsentrasi COD, BOD, dan nitrit yang melebihi baku mutu kelas II menurut Peraturan Gubernur DIY Nomor 20 Tahun 2008, yaitu COD 31,14 mg/L, BOD 10,88 mg/L, dan nitrit 0,59 mg/L. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas serbuk biji pepaya (*Carica papaya L.*) dalam menurunkan konsentrasi COD, BOD, dan nitrit dalam air sungai. Penelitian ini merupakan experiment research menggunakan penelitian Pretest-Posttest Control Group Design, kemudian dihitung persentase efektivitasnya. Sampel yang digunakan adalah air Sungai Manunggal dengan titik pantau Jembatan Mangkukusuman di Banciro, Kota Yogyakarta. Hasil penelitian menunjukkan bahwa serbuk biji pepaya pada konsentrasi 6 gr/L, 6,5 gr/L, 7 gr/L justru menaikkan COD dan BOD sebesar 41,24%, 51,10% dan 55,93%. Namun, dapat menurunkan nitrit sebesar 31,96%, 42,80%, dan 31,81%. Hal ini menunjukkan bahwa serbuk biji pepaya (*Carica papaya L.*) tidak efektif untuk menurunkan COD dan BOD, namun dapat menurunkan konsentrasi nitrit dalam air sungai meskipun belum memenuhi standar baku mutu.

Kata Kunci: *Biji Pepaya, COD, BOD, Nitrit*

ABSTRACT

The Manunggal River, which flows through the districts of Gondokusuman, Pakualaman, and Umbulharjo in Yogyakarta City, has shown significant pollution levels. According to water quality monitoring conducted by the Yogyakarta City Environmental Service at the Mangkukusuman Bridge point, the concentrations of COD, BOD, and Nitrite exceed the Class II quality standards stipulated in the Yogyakarta Governor Regulation No. 20 of 2008, with recorded values of 31.14 mg/L, 10.88 mg/L, and 0.59 mg/L, respectively. This study aims to evaluate the effectiveness of papaya seed powder (*Carica papaya L.*) in reducing COD, BOD, and Nitrite concentrations in the river water. This experimental research employed a Pretest-Posttest Control Group Design, with data analyzed using effectiveness percentages and one-way ANOVA. Water samples were collected from the Manunggal River at the Mangkukusuman Bridge monitoring point in Baciroy Yogyakarta. The results indicate that the application of papaya seed powder at concentrations of 6 g/L, 6.5 g/L, and 7 g/L inadvertently increased COD and BOD levels by 41.24%, 51.10%, and 55.93%, respectively. Conversely, the treatment succeeded in reducing Nitrite levels by 31.96%, 42.80%, and 31.81%. These findings suggest that while papaya seed powder (*Carica papaya L.*) is ineffective in lowering COD and BOD likely due to its organic content it demonstrates a capacity to reduce Nitrite concentrations, although the final levels still did not comply with the required water quality standards.

Keywords: *Papaya seeds, COD, BOD, Nitrite.*

PENDAHULUAN

Air merupakan sumber daya alam yang sangat vital bagi kehidupan manusia dan ekosistem di sekitarnya. Namun, seiring dengan pertumbuhan penduduk dan meningkatnya aktivitas antropogenik di wilayah perkotaan, kualitas air sungai sering kali mengalami degradasi yang signifikan. Berdasarkan data pemantauan kualitas air oleh Dinas Lingkungan Hidup Kota Yogyakarta tahun 2021, parameter kimia seperti *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Biological Oxygen Demand* (BOD), dan nitrit di titik Jembatan Mangkukusuman telah melampaui baku mutu Kelas II menurut Peraturan Gubernur DIY Nomor 20 Tahun 2008 yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kualitas Air Sungai Manunggal Titik Pantau Jembatan Mangkukusuman Tahun 2021

No.	Parameter Kimia	BM Kelas II (Lij)	Satuan	Nilai Kualitas Air Rata-rata (Ci)
1.	COD	25	mg/l	31,14
2.	BOD	3	mg/l	10,88
3.	Nitrit	0,06	mg/l	0,59

(Sumber: DLH Kota Yogyakarta, 2021)

Tingginya hasil pengujian COD dan BOD menunjukkan adanya beban pencemaran organik yang berlebihan di aliran sungai tersebut, sehingga diperlukan konsentrasi oksigen yang lebih tinggi untuk mengoksidasi cemaran organik tersebut. Hal ini dapat menurunkan kadar oksigen terlarut dan mengancam biota air. Sementara itu, kandungan nitrit yang tinggi merupakan indikator adanya proses dekomposisi senyawa nitrogen yang belum sempurna, yang jika dikonsumsi atau meresap ke sumur warga, dapat bersifat toksik. Apabila dilihat dari status mutu, air Sungai Manunggal kondisinya tidak jauh berbeda dengan kondisi sungai lainnya di Kota Yogyakarta, yaitu cemar berat. Hal ini disebabkan oleh penggunaan lahan di sekitar sungai sebagai permukiman padat. Selain itu, Sungai Manunggal merupakan salah satu sungai dengan tingkat limbah domestik lebih tinggi dari sungai lainnya di Kota Yogyakarta (DLH Kota Yogyakarta, 2021). Oleh karena itu, diperlukan upaya pengolahan air sungai yang efektif, murah, dan ramah lingkungan untuk menurunkan beban pencemar tersebut.

Selama ini, proses koagulasi-flokulasi untuk menurunkan parameter pencemar air sering menggunakan koagulan kimia seperti alum (tawas) atau *Poly Aluminium Chloride* (PAC). Namun, penggunaan koagulan kimia secara terus-menerus memiliki kelemahan, antara lain menghasilkan lumpur residu yang bersifat korosif dan potensi dampak kesehatan jangka panjang. Sebagai alternatif, pemanfaatan biokoagulan dari bahan alami menjadi solusi yang potensial. Koagulan alami dapat digunakan dalam proses koagulasi karena kandungan protein yang tinggi berfungsi sebagai polielektrolit. Polielektrolit adalah polimer yang memiliki muatan positif atau negatif dari gugus yang terionisasi. Dalam pelarut polar seperti air, gugus ini dapat terdisosiasi, meninggalkan muatan pada rantai polimernya dan melepaskan ion berlawanan ke dalam larutan. Peningkatan konsentrasi polielektrolit akan mengurangi stabilitas koloid dan mengurangi gaya tolak-menolak antara partikel, sehingga mendukung proses pengendapan.

Biji pepaya (*Carica papaya L.*) merupakan salah satu limbah organik yang belum dimanfaatkan secara optimal, namun memiliki potensi besar sebagai biokoagulan (Cahyaningrum et al., 2024). Analisis proksimat terhadap serbuk biji pepaya menunjukkan bahwa biji pepaya mengandung 28,1% protein (Anggorowati, 2021). Biji pepaya mengandung senyawa polimer alami seperti protein dan alkaloid yang memiliki gugus bermuatan positif. Muatan ini mampu menetralkan partikel koloid bermuatan negatif dalam air serta mengikat

polutan organik melalui proses adsorpsi, sehingga molekul-molekul tersebut mengendap dan air menjadi lebih jernih (Chandran & George, 2018). Selain itu, kandungan tanin pada biji pepaya dapat berfungsi sebagai pengompleks sehingga mampu mengikat molekul-molekul dan mengendapkan pengotor. Pemanfaatan biji pepaya tidak hanya ramah lingkungan, tetapi juga ekonomis karena memanfaatkan limbah domestik. Selain itu, pengembangan biokoagulan berbahan biji pepaya juga telah dilakukan melalui kombinasi dengan bahan alami lain untuk meningkatkan efektivitas pengolahan limbah cair domestik (Manulanga & Da Costa, 2025).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui efektivitas serbuk biji pepaya (*Carica papaya* L.) sebagai biokoagulan untuk menurunkan konsentrasi COD, BOD, dan nitrit dalam air sungai. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat ditemukan alternatif pengolahan air sungai yang berkelanjutan dan berbasis bahan lokal.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan *experiment research* menggunakan penelitian *Pretest-Posttest Control Group Design*, kemudian dihitung persen efektivitasnya. Sampel air yang digunakan berasal dari Sungai Manunggal dengan titik pantau di Jembatan Mangkukusuman, Jalan Gayam, Baciro, Kecamatan Gondokusuman, Kota Yogyakarta. Sebanyak 500 mL sampel air langsung dilakukan pengujian COD, BOD, nitrit (sebagai *pretest*). Pembuatan serbuk biji pepaya dilakukan dengan menjemur biji pepaya di bawah sinar matahari selama 7 hari hingga kering, kemudian dihaluskan menggunakan blender. Variasi dosis serbuk biji pepaya yang ditambahkan ke dalam sampel air adalah 0 gr/L (kontrol), 6 gr/L, 6,5 gr/L, dan 7 gr/L dengan masing-masing perlakuan dilakukan 3 kali pengulangan. Setelah itu, diaduk menggunakan jar test dengan kecepatan 120 rpm selama 1 menit, kemudian dilanjutkan dengan kecepatan 30 rpm selama 30 menit. Setelah didiamkan selama 24 jam, supernatan diambil menggunakan pipet dan dianalisis kandungan COD, BOD, dan Nitrit (sebagai *posttest*). Berdasarkan hasil pengujian *pretest* dan *posttest* dapat dihitung persen efektivitasnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil analisis konsentrasi COD, BOD, Nitrit dalam air Sungai Manunggal sebelum ditambahkan serbuk biji pepaya digunakan sebagai *pretest* dan sesudah ditambahkan serbuk biji pepaya dengan variasi dosis 0 gr/L (kontrol), 6 gr/L, 6,5 gr/L, dan 7 gr/L digunakan sebagai *posttest*.

Tabel 2. Hasil Pengujian Parameter COD, BOD, Nitrit dalam Air Sungai Manunggal Sebelum Perlakuan (*Pretest*)

Parameter	Standard Baku Mutu (mg/L)	Hasil Pengujian (mg/L)
COD	25	141,585
BOD	3	113,268
Nitrit	0,06	3,5609

Berdasarkan Tabel 2, hasil pengujian awal (*pretest*) menunjukkan bahwa konsentrasi COD, BOD, dan nitrit pada air Sungai Manunggal berada jauh di atas standar baku mutu kelas II. Nilai COD tercatat sebesar 141,585 mg/L, BOD sebesar 113,268 mg/L, dan nitrit sebesar 3,5609 mg/L. Jika dibandingkan dengan baku mutu air kelas II berdasarkan Peraturan Gubernur DIY Nomor 20 Tahun 2008, seluruh parameter tersebut telah melampaui ambang batas yang

ditetapkan. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas air Sungai Manunggal telah mengalami pencemaran yang cukup tinggi sehingga diperlukan upaya pengolahan untuk menurunkan konsentrasi pencemar.

Tabel 3. Hasil Pengujian Parameter COD, BOD, Nitrit dalam Air Sungai Manunggal Setelah Perlakuan (*Posttest*)

Dosis Serbuk Biji Pepaya	COD (mg/L)	BOD (mg/L)	Nitrit (mg/L)
0 gr/L	135,242	108,194	3,4390
6 gr/L	240,961	192,770	2,4227
6,5 gr/L	289,592	231,674	2,0366
7 gr/L	321,308	257,046	2,1788

Berdasarkan Tabel 3, hasil pengujian setelah perlakuan (*posttest*) menunjukkan bahwa penambahan serbuk biji pepaya dengan variasi dosis 0 gr/L, 6 gr/L, 6,5 gr/L, dan 7 gr/L memberikan pengaruh yang berbeda terhadap parameter COD, BOD, dan nitrit. Konsentrasi nitrit cenderung mengalami penurunan pada seluruh dosis perlakuan dibandingkan kondisi awal. Namun, konsentrasi COD dan BOD justru mengalami peningkatan seiring bertambahnya dosis serbuk biji pepaya yang diberikan.

Tabel 4. Persentase Efektivitas Penambahan Serbuk Biji Pepaya

Dosis Serbuk Biji Pepaya	Persentase Efektivitas		
	COD	BOD	Nitrit
0 gr/L	Turun 4,80%	Turun 4,80%	Turun 3,42%
6 gr/L	Naik 41,25%	Naik 41,24%	Turun 31,96%
6,5 gr/L	Naik 51,10%	Naik 51,10%	Turun 42,80%
7 gr/L	Naik 55,93%	Naik 55,93%	Turun 38,81%

Berdasarkan Tabel 4, persentase efektivitas menunjukkan bahwa penambahan serbuk biji pepaya tidak efektif dalam menurunkan konsentrasi COD dan BOD karena nilainya mengalami kenaikan setelah perlakuan. Sebaliknya, penambahan serbuk biji pepaya mampu menurunkan konsentrasi nitrit, dengan efektivitas tertinggi pada dosis 6,5 gr/L yaitu sebesar 42,80%. Hal ini menunjukkan bahwa serbuk biji pepaya lebih berpotensi digunakan untuk menurunkan nitrit dibandingkan COD dan BOD.

Pembahasan

Air merupakan kebutuhan dasar manusia yang kebutuhannya terus meningkat seiring pertumbuhan penduduk dan industrialisasi. Peningkatan aktivitas manusia menyebabkan beban pencemaran air semakin besar, sehingga sumber air tawar dan bersih semakin langka. Ketersediaan air bersih sangat berkaitan dengan pembangunan manusia, khususnya kesehatan, termasuk pencegahan stunting. Salah satu cara pengolahan air yang efektif dan aman untuk kesehatan adalah dengan menggunakan biokoagulan. Biji pepaya (*Carica Papaya L.*) yang mengandung senyawa terpenoid, flavonoid, alkaloid, dan enzim-enzim seperti papain, enzim khimoprotein, dan lisozim, berpotensi sebagai biokoagulan (Jaipah, 2017). Penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa pemanfaatan serbuk biji pepaya berpotensi digunakan dalam pengolahan air Sungai Manunggal, meskipun efektivitasnya dipengaruhi oleh karakteristik pencemar yang terkandung di dalam air sungai (Kumalasari, 2024).

Chemical Oxygen Demand (COD) merupakan kebutuhan oksigen kimia untuk mengurai seluruh bahan organik yang terkandung di dalam air. Sedangkan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) merupakan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan hampir semua zat organik yang terlarut dan sebagian zat organik yang tersuspensi dalam air (Royani et al., 2021). Berdasarkan hasil uji laboratorium sampel air Sungai Manunggal yang diambil di Jembatan Mangkukusuman, Jalan Gayam, Baciro, Kecamatan Gondokusuman, Kota Yogyakarta, menunjukkan konsentrasi COD sebesar 141,585 mg/L, BOD sebesar 113,268 mg/L, dan nitrit sebesar 3,5609 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi COD, BOD, dan nitrit pada air Sungai Manunggal melebihi standar baku mutu dalam Peraturan Gubernur No. 20 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air dalam baku mutu kelas II. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengolahan air yang tepat, karena air merupakan salah satu sarana yang paling mudah untuk menularkan penyakit. Serangan penyakit dengan perantara air disebut sebagai *waterborne disease* atau *water-related disease* (Manetu & Karanja, 2021).

Tingginya hasil pengujian COD dan BOD mengindikasikan adanya pencemaran berlebih yang bersumber dari zat organik sehingga diperlukan konsentrasi oksigen yang lebih tinggi untuk mengoksidasi cemaran organik tersebut. Sedangkan pengujian Nitrit merupakan parameter utama pencemar aliran Sungai Manunggal sebagai dampak dari banyaknya cemaran limbah domestik, pertanian, dan perikanan yang masuk ke aliran Sungai Manunggal (DLH Kota Yogyakarta, 2024). Hasil ini sejalan dengan penelitian Astuti dan Islam (2024) yang menunjukkan bahwa penggunaan biji pepaya sebagai koagulan pada limbah cair industri tahu tidak selalu menurunkan parameter pencemar secara optimal karena dipengaruhi oleh dosis, karakteristik limbah, serta kandungan organik bahan koagulan. Berbeda dengan hasil penelitian ini, Lestari et al. (2021) melaporkan bahwa biokoagulan biji pepaya mampu menurunkan kadar BOD dan COD pada limbah cair domestik industri baja, sehingga menunjukkan bahwa efektivitas biokoagulan dipengaruhi oleh karakteristik sampel air yang diolah.

Chemical Oxygen Demand (COD)

Setelah diberi perlakuan dengan menambahkan serbuk biji pepaya pada dosis 0 gr/L, 6 gr/L, 6,5 gr/L dan 7 gr/L menunjukkan konsentrasi COD dalam sampel air Sungai Manunggal justru mengalami peningkatan, secara berurutan menjadi 240,961 mg/L (naik 41,25%), 289,592 mg/L (naik 51,10%), dan 321,308 mg/L (naik 55,93%). Hal ini menunjukkan semakin banyak serbuk biji pepaya yang ditambahkan, maka semakin meningkat konsentrasi COD dalam air sampel. Hal ini dikarenakan serbuk biji pepaya merupakan zat organik yang tentunya akan meningkatkan kebutuhan oksigen kimia untuk menguraikan bahan organik tambahan dari serbuk biji pepaya sehingga konsentrasi COD menjadi naik. Artinya penambahan serbuk biji pepaya dengan dosis 6 gr/L, 6,5 gr/L dan 7 gr/L tidak efektif menurunkan kandungan COD dalam sampel air Sungai Manunggal. Variasi dosis serbuk biji pepaya yang ditambahkan perlu diperkecil, sehingga penguraian zat organiknya tidak membutuhkan oksigen yang terlalu besar. Penelitian Dewi et al. (2025) juga melaporkan bahwa biji pepaya dapat dimanfaatkan sebagai koagulan alami, namun efektivitasnya sangat bergantung pada jenis limbah dan konsentrasi dosis yang diberikan.

Biochemical Oxygen Demand (BOD)

Setelah diberi perlakuan dengan menambahkan serbuk biji pepaya pada dosis 0 gr/L, 6 gr/L, 6,5 gr/L dan 7 gr/L menunjukkan konsentrasi BOD dalam sampel air Sungai Manunggal

justeru mengalami peningkatan, secara berurutan menjadi 192,770 mg/L (naik 41,24%), 231,674 mg/L (naik 51,10%), dan 257,046 mg/L (naik 55,93%). Hal ini menunjukkan semakin banyak serbuk biji pepaya yang ditambahkan, semakin meningkat konsentrasi BOD dalam air sampel. Hal ini dikarenakan serbuk biji pepaya merupakan zat organik yang tentunya akan menurunkan jumlah oksigen terlarut dalam air, karena bakteri membutuhkan lebih banyak oksigen untuk menguraikan zat organik tambahan dari serbuk biji pepaya. Artinya penambahan serbuk biji pepaya dengan dosis 6 gr/L, 6,5 gr/L dan 7 gr/L tidak efektif menurunkan kandungan BOD dalam sampel air Sungai Manunggal. Variasi dosis serbuk biji pepaya yang ditambahkan perlu diperkecil sehingga penguraian zat organik dari serbuk biji pepaya tidak membutuhkan oksigen yang terlalu besar.

Nitrit

Kandungan senyawa nitrit yang tinggi berbahaya bagi kesehatan manusia jika masuk ke dalam tubuh manusia, karena dapat berpengaruh terhadap hematologi, seperti penyakit *Blue Baby Syndrome (Methemoglobinemia)* yang disebabkan oleh terjadinya oksidasi hemoglobin yang mengubah hemoglobin (Fe^{2+}) menjadi methemoglobin (Fe^{3+}). Peningkatan methemoglobin (MetHb) pada tubuh akan mengakibatkan menurunnya kemampuan darah dalam membawa oksigen sehingga akan mengakibatkan kurangnya oksigen di berbagai bagian tubuh. Apabila jumlah methemoglobin di dalam tubuh melebihi kemampuan tubuh untuk mengonversi kembali menjadi hemoglobin, maka dapat menyebabkan sianosis, hipoksemia jaringan, dan dalam kasus yang parah akan menyebabkan kematian. Efek neurologis pada manusia akibat mengonsumsi makanan atau minuman yang mengandung nitrit dalam konsentrasi yang tinggi adalah penurunan kemampuan darah untuk membawa oksigen dengan gejala klinis seperti pusing, kehilangan kesadaran dan kejang. Selain itu, senyawa nitrit juga dapat menyebabkan risiko terjadinya penyakit kanker pada orang dewasa (Ardhaneswari & Wispriyono, 2022).

Berdasarkan hasil analisis awal kandungan nitrit dalam sampel air Sungai Manunggal sebesar 3,5609 mg/L, hal ini dikarenakan adanya nutrisi dari limbah domestik yang masuk ke sungai. Namun, setelah diberi perlakuan dengan menambahkan serbuk biji pepaya pada dosis 6 gr/L, 6,5 gr/L dan 7 gr/L, kandungan nitrit dalam sampel air Sungai Manunggal mengalami penurunan secara berurutan, yaitu sebesar 31,96%, 42,80% dan 38,81%. Penambahan serbuk biji pepaya yang paling optimal untuk menurunkan kandungan nitrit dalam sampel air Sungai Manunggal adalah pada dosis 6,5 g/L. Kamaruzaman et al. (2022) menjelaskan bahwa biji Carica papaya dapat berperan sebagai bio-adsorben yang mampu mengurangi kekeruhan dan kandungan pencemar pada air sungai melalui proses adsorpsi dan pengikatan partikel. Studi lain juga menunjukkan bahwa koagulan berbasis Carica papaya dapat digunakan sebagai alternatif berkelanjutan dalam pengolahan air permukaan, karena mampu menurunkan beberapa parameter pencemar melalui proses koagulasi alami (Díaz-Martínez et al., 2025). Nady et al. (2025) juga melaporkan bahwa limbah Carica papaya dapat digunakan sebagai bio-adsorben dalam pengolahan air limbah domestik, sehingga berpotensi menurunkan kandungan zat pencemar tertentu dalam air.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, serbuk biji pepaya (*Carica papaya* L.) pada dosis 6 gr/L, 6,5 gr/L, dan 7 gr/L belum efektif digunakan sebagai biokoagulan untuk menurunkan konsentrasi COD dan BOD pada air Sungai Manunggal Kota Yogyakarta., karena nilai kedua

parameter tersebut justru meningkat setelah perlakuan. Peningkatan COD dan BOD diduga disebabkan oleh penambahan bahan organik dari serbuk biji pepaya yang ikut terlarut sehingga menambah beban pencemar. Namun demikian, serbuk biji pepaya menunjukkan kemampuan dalam menurunkan konsentrasi nitrit, dengan efektivitas tertinggi pada dosis 6,5 gr/L sebesar 42,80%. Oleh karena itu, serbuk biji pepaya lebih berpotensi digunakan untuk menurunkan nitrit, namun diperlukan pengaturan dosis yang lebih rendah atau perlakuan tambahan agar dapat meningkatkan efektivitasnya terhadap parameter pencemar lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggorowati, A. A. (2021). Serbuk biji buah semangka dan pepaya sebagai koagulan alami dalam penjernihan air. *Cakra Kimia (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry)*, 9(1), 18-23. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/cakra/article/view/76759>
- Ardhaneswari M, & Wispriyono B. (2022). Analisis Risiko Kesehatan Akibat Paparan Senyawa Nitrat dan Nitrit Pada Air Tanah di Desa Cihambulu Subang. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 21(1), 65-72. <https://doi.org/10.14710/jkli.21.1.65-72>.
- Astuti, N. Y., & Islam, I. (2024). Pengaruh Biji Pepaya sebagai Koagulan terhadap Limbah Cair Industri Tahu di Kota Mataram. *BIOMARAS: Journal of Life Science and Technology*, 2(2), 1-8. <https://jurnal.uts.ac.id/index.php/biomaras/article/view/3076>
- Cahyaningrum, N. A., Kusumadewi, R. A., & Aphirta, S. (2024). Perbandingan Biji Pepaya (Carica Papaya L.) Sebagai Biokoagulan Dan Poly Aluminium Chloride (Pac) Sebagai Koagulan Kimiawi Pada Pengolahan Air Tanah, Kelurahan Kota Bambu Selatan, Jakarta Barat. *Jurnal Reka Lingkungan*, 12(3), 299-313. <https://doi.org/10.26760/rekalingkungan.v12i3.299-313>
- Chandran, A., & George, D. (2018). Use of papaya seed as a Natural Coagulant for water purification. *International Journal of Scientific Engineering and Research (IJSER)*, 6(3), 41-46. <https://doi.org/10.70729/IJSER172323>
- Dewi, A. B., Wulandari, C. D., & Setyobudiarso, H. (2025). Pemanfaatan Biji Pepaya Sebagai Koagulan Alami Untuk Menurunkan Kadar Pencemar Pada Limbah Cair Batik. *Jurnal Mahasiswa "ENVIRO"*, 4(2). <https://ejournal.itn.ac.id/ENVIRO/article/view/16185>
- Díaz-Martínez, G., Navarro-Amador, R., Sánchez-Salas, J. L., & Flores-Cervantes, D. X. (2025). Surface Water Treatment with Carica papaya-Based Coagulants: A Natural and Sustainable Solution. *Limnological Review*, 25(4), 47. <https://doi.org/10.3390/limnolrev25040047>
- Dinas Lingkungan Hidup Kota Yogyakarta. (2021). *Laporan analisis hasil pemantauan kualitas air Kota Yogyakarta tahun 2021*. Dinas Lingkungan Hidup Kota Yogyakarta.
- Dinas Lingkungan Hidup Kota Yogyakarta. (2024). *Laporan analisis hasil pemantauan kualitas air Kota Yogyakarta tahun 2024*. Dinas Lingkungan Hidup Kota Yogyakarta.
- Jaipah, N., Saraswati, I., & Hapsari, R. (2017). Uji efektivitas antimikroba ekstrak biji pepaya (Carica papaya L.) terhadap pertumbuhan Escherichia coli secara in vitro. *Jurnal Kedokteran Diponegoro (Diponegoro Medical Journal)*, 6(2), 947-955. <https://doi.org/10.14710/dmj.v6i2.18605>



- Kamaruzaman, K., Yee, L. P., Azhari, N. N., & Mat, N. C. (2022). Bio-Adsorption Process Using Carica Seed to Reduce Water Turbidity from Linggi River. *International Journal of Infrastructure Research and Management*, 10(2), 50-56.
- Kumalasari, V. (2024). Pemanfaatan serbuk biji pepaya dalam pengolahan air Sungai Manunggal Kota Yogyakarta. *Health Sciences and Pharmacy Journal*, 8(1), 7-13. <https://doi.org/10.32504/hspj.v8i1.914>
- Lestari, D., Y., Darjati, & Marlik. (2021). Penurunan Kadar BOD, COD, dan Total Coliform dengan Penambahan Biokoagulan Biji Pepaya (*Carica papaya L.*) (Studi pada Limbah Cair Domestik Industri Baja di Surabaya Tahun 2020). *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 18(1), 49-54. <https://doi.org/10.31964/jkl.v18i1.288>.
- Manetu, W. M., & Karanja, A. M. (2021). Waterborne Disease Risk Factors and Intervention Practices: A Review. *Open Access Library Journal*, 8, 1-11. <https://doi.org/10.4236/oalib.1107401>.
- Manulangga, O. G. L., & Da Costa, M. (2025). Pengembangan Biji Kelor dan Biji Pepaya (Biokoagulan IKEYA) Pada Pengolahan Limbah Cair Domestik Menggunakan Analisis TOPSIS. *Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan*, 10(2), 110-116. <https://jurnalsaintek.uinsa.ac.id/index.php/alard/article/view/2275>
- Nady, D. S., Abdel-Halim, S., Hegazy, M. E. F., El-Desouky, M. A., & Hanna, D. H. (2025). Use of Carica papaya waste as bio-adsorbent for sewage wastewater treatment. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 15(10), 15921-15938. <https://doi.org/10.1007/s13399-024-06300-y>
- Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta. (2008). *Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 20 Tahun 2008 tentang baku mutu air di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta*. Pemerintah Daerah Istimewa Yogyakarta.
- Royani, S., & Fitriana, A., S. (2021). Kajian COD dan BOD dalam Air di Lingkungan Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sampah Kaliori Kabupaten Banyumas. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, 13(1), 40-49. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol13.iss1.art4>